



KOREAN PATENT ABSTRACTS(KR)

Document Code:A

(11) Publication No.1020020021360 (43) Publication Date. 20020320

(21) Application No.1020010056788 (22) Application Date. 20010914

(51) IPC Code:
G11B 21/10

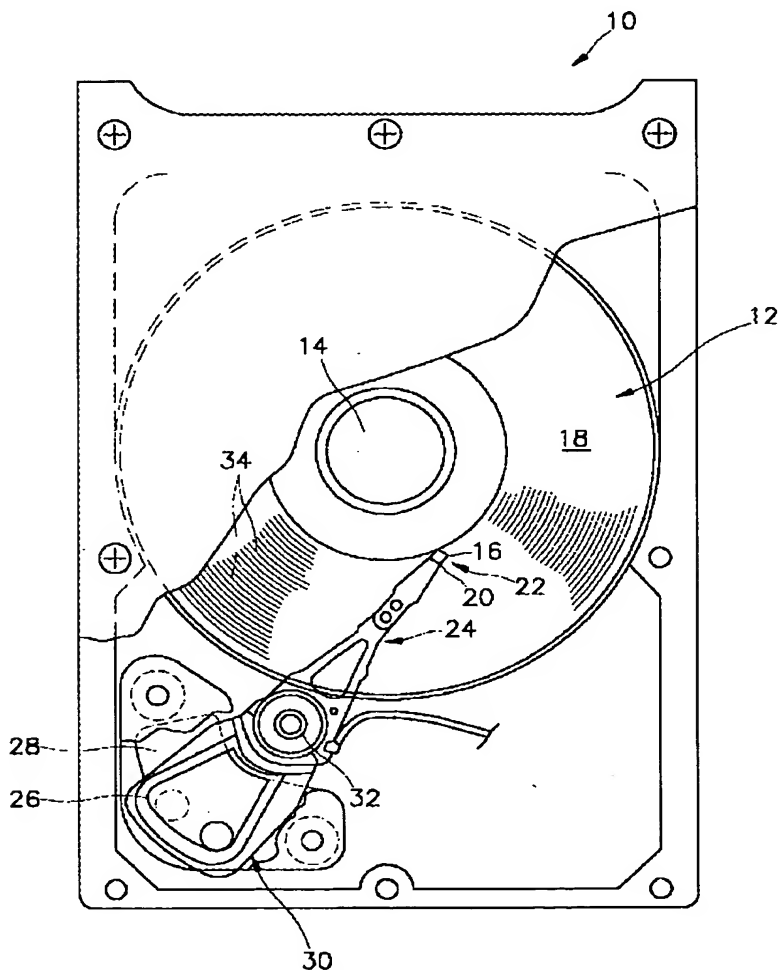
(71) Applicant:
SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.

(72) Inventor:
CHOO, SANG HUN
KIM, WON GU
LEE, JU IL
SIM, JUN SEOK

(30) Priority:
2000 232647 20000914 US

(54) Title of Invention
METHOD AND APPARATUS FOR OPTIMIZING SEEK TRACK IN SINE SEEK SERVO HARD DISK DRIVE

Representative drawing



(57) Abstract:

PURPOSE: A method and an apparatus for optimizing a seek track in a sine seek servo hard disk drive are provided to execute a stabilized servo mechanism to prevent seek over-run.

CONSTITUTION: A hard disk drive(10) includes a disk (12), a spindle motor(14), a transducer(16), an actuator arm(24), and a controller. The spindle motor rotates the disk. The transducer records information on the disk and read information from the disk. The actuator arm moves the transducer across the surface of the disk. The controller determines a seek length ranging from the first track to the second track and, if required, decides seek time and scale seek time for seek based on the seek length in response to a speed error between a calculated speed and a designed speed with respect to the seek length. The controller controls the transducer to move from the first track to the second track across the surface of the disk.

© KIPO 2002

if display of image is failed, press (F5)

(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁶

G11B 21/10

(11) 공개번호 특2002-0021360

(43) 공개일자 2002년03월20일

(21) 출원번호 10-2001-0056788

(22) 출원일자 2001년09월14일

(30) 우선권주장 60/232,647 2000년09월14일 미국(US)

(71) 출원인 삼성전자 주식회사

(72) 발명자 경기 수원시 팔달구 매탄3동 416
추상훈

미국, 캘리포니아주95051산타클라라, 900팰퍼트리레인#1012

이주일

미국, 캘리포니아주95134산호세, 75웨스트플루메리아드라이브

심준석

미국, 캘리포니아주95014쿠퍼티노, 22330홍스테드로드#108

김원구

미국, 캘리포니아주95134산호세, 75웨스트플루메리아드라이브

(74) 대리인 이영필, 이해영

심사청구 : 있음

(54) 라인 시크 서보 하드 디스크 드라이브에서의 시크 궤적최적화 방법 및 장치

요약

본 발명은 하드 디스크 드라이브 서보메카니즘에 대한 방법, 장치 및 컴퓨터 프로그램 제품에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시 예에서, 장치는 표면을 갖는 디스크, 디스크를 회전시키는 스피들 모터, 디스크에 정보를 기록하고, 디스크로부터 정보를 읽어낼 수 있는 변환기 및 디스크의 표면을 가로질러 변환기를 이동시킬 수 있는 액츄에이터 암을 포함한다. 장치는 콘트롤러를 더 포함한다. 콘트롤러는 제1트랙으로부터 제2트랙까지의 시크 길이를 결정할 수 있으며, 시크 길이에 근거한 시크 시간을 결정할 수 있으며, 시크 길이에 대한 계산된 속도와 설계 속도 사이의 속도 에러에 응답하여 시크 시간을 스케일링할 수 있으며, 가속도 궤적을 이용하여 제1트랙으로부터 제2트랙으로 디스크의 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 액츄에이터 암을 제어할 수 있다.

대표도

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 하드 디스크 드라이브의 구성의 평면도이다.

도 2는 하드 디스크 드라이브를 제어하는 전기 시스템의 회로도이다.

도 3은 디스크 드라이브의 서보 제어 시스템의 회로도이다.

도 4a-4c는 사인 파형의 시크의 가속도, 속도 및 위치 궤적의 전형적인 그래프들을 보여준다.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 초기화 방법의 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 스케일링 값을 조정하는 방법의 흐름도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 스케일링 값에 근거한 시크 시간을 조정하기 위한 방법(700)의 흐름도이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 일반적인 디스크 드라이브에 관한 것으로서, 특히 하드 디스크 드라이브 서보 메카니즘의 성능을 개선시키기 위한 방법, 장치 및 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드에 관한 것이다.

하드 디스크 드라이브는 회전하는 단일 또는 복수의 디스크 각각의 자계를 감지하고 자화시킴으로써 정보를 기록하고 읽을 수 있는 복수의 자기 변환기(magnetic transducer)들을 포함하고 있다. 이 정보는 환상 트랙 내에 위치한 복수의 섹터들 내에 전형적으로 포맷되어 있다. 디스크의 각 표면을 가로질러 위치한 트랙 번호가 있다. 수직적으로 유사한 트랙들의 번호는 때로는 실린더(cylinder)라 칭한다. 그러므로 각 트랙은 실린더 번호에 의하여 정의되기도 한다.

각 변환기(transducer)는 전형적으로 헤드 짐벌 어셈블리(HGA: Head Gimbal Assembly)에 편입되어 있는 슬라이더 내에 통합되어 있다. 각 헤드 짐벌 어셈블리는 액츄에이터 암에 부착되어 있다. 액츄에이터 암은 보이스 코일(voice coil) 모터를 함께 특정하는 마그네틱 어셈블리에 인접되게 위치한 보이스 코일을 갖고 있다. 하드 디스크 드라이브는 전형적으로 보이스 코일 모터를 여기시키는 전류를 공급하는 구동 회로 및 컨트롤러를 포함하고 있다. 여기된 보이스 코일 모터는 액츄에이터 암을 회전시켜 변환기들을 디스크(들)의 표면을 가로질러 이동시킨다.

정보를 기록하거나 또는 읽을 때, 하드 디스크 드라이브는 변환기를 한 실린더에서 다른 실린더로 이동시키기 위한 시크 루틴을 실행할 가능성이 있다. 시크 루틴 도중에 보이스 코일 모터는 변환기들을 디스크 표면에서 새로운 실린더 위치로 이동시키는 전류에 의하여 여기된다. 컨트롤러는 또한 변환기가 정확한 실린더 위치 및 트랙의 중앙으로 이동시키는 것을 보증하는 서보 루틴을 실행한다.

많은 디스크 드라이브들은 변환기를 가장 짧은 시간에 정확한 위치로 이동시키기 위하여 뱅-뱅(bang-bang) 제어 알고리즘

을 이용한다. 뱅-뱅 제어 이론을 사용하는 시크 루틴을 위한 전류 파형의 모양은 전형적으로 사각형이다. 불행하게도, 구형파는 높은 주파수 성분의 고조파를 포함하고 있는데, 이는 헤드 짐벌 어셈블리에서 기계적인 공진을 초래해서 높은 자연 주파수로 기계적인 구성요소 또는 어셈블리들을 여기시킨다. 이는 잔여 진동으로 인하여 청각적인 노이즈, 원하지 않는 진동 및 이와 관련된 안정 시간을 초래하였다. 종래의 기술의 구형파에 의하여 생성된 기계적인 공진은 디스크로부터 정보를 기록하거나 또는 읽기 위하여 필요로 되는 안정화 시간 및 전체 시간 모두를 증가시키는 문제점이 있었다.

발명이 이루고자하는 기술적 과제

본 발명이 이루고자하는 기술적 과제는 상술한 문제점을 해결하기 위하여 하드 디스크 드라이브의 변환기를 시크 명령에 응답하여 시크 길이를 결정하고, 결정된 시크 길이에 대하여 계산된 속도와 설계 속도의 차이에 의한 속도 에러를 산출하고, 산출된 속도 에러 값의 크기에 상응하여 시크 오버런 발생을 저지하도록 안정된 서보 메커니즘을 실행시키기 위한 방법, 장치 및 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드를 제공하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

상기 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명에 의한 하드 디스크 드라이브는 표면을 갖는 디스크, 상기 디스크를 회전시키는 스피들 모터, 상기 디스크에 정보를 기록하고 상기 디스크로부터 정보를 읽어낼 수 있는 변환기, 상기 변환기를 상기 디스크의 표면을 가로질러 이동시키는 액추에이터 암 및 제1트랙으로부터 제2트랙으로 시크하는 명령에 응답하여, 제1트랙으로부터 제2트랙까지의 시크 길이를 결정하고, 필요하다면 시크 길이에 대한 계산된 속도 및 설계 속도 사이의 속도 에러에 응답하여 상기 시크 길이에 근거한 시크를 위한 시크 시간, 스케일 시크 시간을 결정하고, 가속도 궤적을 이용하여 제1트랙으로부터 제2트랙으로 상기 디스크 표면을 가로질러 상기 변환기를 이동시키도록 제어하는 컨트롤러를 포함함을 특징으로 한다.

상기 다른 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명에 의한 시크 제어 방법은 현재 시크에 대한 현재 트랙과 새로운 트랙 사이의 시크 길이를 결정하는 단계, 현재 트랙으로부터 새로운 트랙으로 변환기를 이동시키기 위한 시크 시간을 결정하는 단계, 필요하다면, 시크 길이에 대한 계산된 속도와 설계 속도 사이의 속도 에러에 응답하여 시크 시간을 조정하는 단계 및 시크 길이 및 시크 시간에 근거한 가속도 궤적을 이용하여 현재 트랙으로부터 새로운 트랙으로 상기 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 변환기에 결합된 액추에이터 암을 여기시키는 단계를 포함함을 특징으로 한다.

상기 또 다른 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명에 의한 시크 제어 프로그램 제품은 하드 디스크에서 액추에이터 암에 부착된 변환기를 디스크의 표면을 가로질러 이동시키는 것을 실현시키는 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 갖는 컴퓨터 이용 가능한 매체에 있어서, 현재 시크에 대한 현재 트랙과 새로운 트랙 사이의 시크 길이를 결정하는 제1 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드, 현재 트랙으로부터 새로운 트랙으로 변환기를 이동시키기 위한 시크 시간을 결정하는 제2 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드, 필요하다면, 시크 길이에 대한 계산된 속도와 설계 속도 사이의 속도 에러에 응답하여 시크 시간을 조정하는 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드 및 시크 길이 및 시크 시간에 근거한 가속도 궤적을 이용하여 현재 트랙으로부터 새로운 트랙으로 상기 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 변환기에 결합된 액추에이터 암을 여기시키는 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드를 포함함을 특징으로 한다.

본 발명은 하드 디스크 드라이브에 대한 방법, 장치 및 컴퓨터 프로그램을 포함한다. 본 발명의 일 실시 예에서, 하드 디스크 드라이브는 표면을 갖는 디스크, 디스크를 회전시키는 스피들 모터 및 디스크에 정보를 기록하거나 또는 디스크로부터 정보를 읽어들이는 변환기를 포함한다. 변환기는 헤드 짐벌 어셈블리(HGA: Head Gimbal Assembly)에 편입되어 있는 슬라이더 내에 통합되어 있다. 헤드 짐벌 어셈블리는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시킬 수 있는 액추에이터 암에 부착되어 있다. 액추에이터 암과 변환기의 이동은 컨트롤러에 의하여 제어된다.

컨트롤러는 시크 루틴과 서보 제어 루틴에 따라서 현재 트랙으로부터 새로운 트랙으로 변환기를 이동시킨다. 시크 루틴

동안, 컨트롤러는 제1트랙으로부터 제2트랙까지의 시크 길이를 결정할 수 있으며, 시크 길이에 대한 계산된 속도와 설계 속도 사이의 속도 에러에 응답하여 시크 시간을 조정하고, 가속도 궤적을 이용하여 현재 트랙으로부터 새로운 트랙으로 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키도록 액츄에이터 암을 제어한다. 본 발명의 일 실시 예에서, 가속도 궤적은 사인 파형의 가속도 궤적이다. 가속도 궤적은 뱅-뱅(bang-bang) 가속도 궤적 같은 다른 형태를 적용할 수도 있다.

참조부호에 의하여 보다 세분화된 도 1은 하드 디스크 드라이브(10)의 구성을 보여준다. 드라이브(10)는 스피들 모터(14)에 의하여 회전되는 적어도 하나의 자기 디스크(12)를 포함하고 있다. 드라이브(10)는 디스크 표면(18)에 인접되게 위치한 변환기(16)를 또한 포함하고 있다.

변환기(16)는 각각의 디스크(12)의 자계를 감지하고 자화시킴으로써 회전하는 디스크(12)에서 정보를 읽거나 기록할 수 있다. 전형적으로 변환기(16)는 각 디스크 표면(18)에 결합되어 있다. 비록 단일의 변환기(16)로 도시되어 설명되어 있지만, 이는 디스크(12)를 자화시키기 위한 기록용 변환기와 디스크(12)의 자계를 감지하기 위한 분리된 읽기용 변환기로 이루어져 있다고 이해되어야 한다. 읽기용 변환기는 자기 저항(MR : Magneto-Resistive) 소자로부터 구성되어 진다.

변환기(16)는 슬라이더(20)에 통합되어 질 수 있다. 슬라이더(20)는 변환기(16)와 디스크 표면(18)사이의 공기 베어링(air bearing)을 생성시키는 구조로 되어 있다. 슬라이더(20)는 헤드 짐벌 어셈블리(22)에 결합되어 있다. 헤드 짐벌 어셈블리(22)는 보이스 코일(26)을 갖는 액츄에이터 암(24)에 부착되어 있다. 보이스 코일(26)은 보이스 코일 모터(VCM : Voice Coil Motor 30)를 특징하는 마그네틱 어셈블리(28)에 인접되게 위치하고 있다. 보이스 코일(26)에 공급되는 전류는 베어링 어셈블리(32)에 대하여 액츄에이터 암(24)을 회전시키는 토크를 발생시킨다. 액츄에이터 암(24)의 회전은 디스크 표면(18)을 가로질러 변환기(16)를 이동시킬 것이다.

정보는 전형적으로 디스크(12)의 환상 트랙(34) 내에 저장된다. 각 트랙(34)은 일반적으로 복수의 섹터를 포함하고 있다. 각 섹터는 데이터 필드(data field)와 식별 필드(identification field)를 포함하고 있다. 식별 필드는 섹터 및 트랙(실린더)을 식별하는 그레이 코드(Gray code)로 구성되어 있다. 변환기(16)는 다른 트랙에 있는 정보를 읽거나 기록하기 위하여 디스크 표면(18)을 가로질러 이동된다.

도 2는 하드 디스크 드라이브(10)를 제어할 수 있는 전기 시스템(40)을 보여준다. 시스템(40)은 리드/라이트(R/W) 채널 회로(44) 및 프리-앰프 회로(46)에 의하여 변환기(16)에 결합된 컨트롤러(42)를 포함하고 있다. 컨트롤러(42)는 디지털 신호 프로세서(DSP : Digital Signal Processor), 마이크로프로세서, 마이크로컨트롤러 등이 된다. 컨트롤러(42)는 디스크(12)로부터 읽거나 또는 디스크(12)에 정보를 기록하기 위하여 읽기/쓰기 채널(44)로 제어신호를 공급한다. 정보는 전형적으로 R/W 채널로부터 호스트 인터페이스 회로(46)로 전송된다. 호스트 인터페이스 회로(46)는 퍼스널 컴퓨터와 같은 시스템에 인터페이스하기 위하여 디스크 드라이브를 허용하는 버퍼 메모리 및 제어 회로를 포함하고 있다.

컨트롤러(42)는 보이스 코일(26)에 구동 전류를 공급하는 VCM 구동 회로(48)에 또한 결합되어 있다. 컨트롤러(42)는 VCM의 여기 및 변환기(16)의 움직임을 제어하기 위하여 구동 회로(48)로 제어신호를 공급한다.

컨트롤러(42)는 읽기 전용 메모리(ROM : Read Only Memory) 또는 플래쉬 메모리 소자(50)와 같은 비휘발성 메모리 및 랜덤 액세스 메모리(RAM : Random Access Memory) 소자(52)에 결합되어 있다. 메모리 소자(50, 52)는 소프트웨어 루틴을 실행시키기 위하여 컨트롤러(42)에 의하여 사용되어지는 명령어 및 데이터를 포함하고 있다. 소프트웨어 루틴의 하나로서 한 트랙에서 다른 트랙으로 변환기(16)를 이동시키는 시크 루틴이 있다. 시크 루틴은 변환기(16)를 정확한 트랙으로 이동시키는 것을 보증하기 위한 서보 제어 루틴을 포함하고 있다. 일 실시 예로서, 메모리 소자(50)는 본 발명의 가속도, 속도 및 위치 궤적 방정식들을 포함하고 있으며, 아래에 기술한 바와 같이, 구동개시 시에 메모리 소자(52)에 이러한 방정식들이 저장된다.

도 3은 컨트롤러(42)에 의하여 실행되는 하드웨어 및 소프트웨어로 구성된 서보 제어 시스템(60)을 보여준다. 서보 제어 시스템(60)은 변환기(16)가 디스크(12)의 목표 트랙에 정확히 위치하도록 보증한다. 컨트롤러(42)는 변환기(16)를 제1트랙에서 제1트랙으로부터 거리 X_n 에 위치한 새로운 트랙으로 이동시키는 시크 루틴을 실행한다. 새로운 트랙과 제1트랙 사이에 위치한 하나 또는 그 이상의 트랙의 그레이 코드는 디스크(16)를 가로질러 움직이는 변환기로 읽어낸다. 이는 변환기(16)가 트랙을 가로질러 목표 속도 및 가속도로 움직이는지를 주기적으로 컨트롤러(42)가 결정하는 것을 허용한다.

제어 시스템(60)은 소프트웨어 및 하드웨어로 구성된 추정기(62)를 포함한다. 추정기(62)는 변환기(16)가 제1트랙으로부터 이동되는 실제 거리 또는 위치 X_s 를 결정할 수 있다. 위치는 변환기(16) 바로 밑의 트랙의 그레이 코드를 읽어냄으로써 결정되어 질 수 있다. 추정기(62)는 또한 변환기(16)의 실제 속도 V_s 및 실제 가속도 A_s 를 결정할 수 있다. 그레이 코드는 콘트롤러(42)가 제어 시스템(60)에 따라서 변환기(16)의 움직임을 정확하게 할 수 있도록 하기 위하여 변환기(16)를 새로운 트랙 위치로 움직이면서 주기적으로 샘플링되어 질 수 있다.

콘트롤러(42)는 변환기(16)가 트랙(34)의 그레이 코드를 읽어낼 때마다 변환기(16)의 설계 위치 X_i , 설계 속도 V_i 및 설계 가속도 A_i 를 계산한다. 콘트롤러(42)는 합산 접합점(64)에서 설계 위치 X_i 와 실제 위치 X_s 의 차를 연산한다. 블록 66에서 콘트롤러(42)는 비례적인 플러스 적분 제어 알고리즘과 합산 접합점(64)의 출력을 가지고 위치 정정 값 E_x 를 계산한다.

합산 접합점(68)에서 설계 속도 V_i 와 위치 정정 값 E_x 의 합에서 실제 속도 V_s 를 감산한다. 블록 70에서 콘트롤러(42)는 비례적인 플러스 적분 제어 알고리즘과 합산 접합점(68)의 출력을 가지고 속도 정정 값 E_v 를 계산한다.

가속도 정정 값 E_a 는 합산 접합점(72)에서 설계 가속도 A_i 와 속도 정정 값 E_v 의 합으로부터 실제 가속도 A_s 를 감산함으로써 계산되어진다. 가속도 정정 값 E_a 는 보이스 코일(26)에 공급되는 전류를 증가시키거나 또는 감소시키는데 사용되며 또한 변환기(16)의 움직임을 변경시키는데 사용된다.

가속도 정정 값 E_a 는 또한 피드포워드(feedforward) 가속도 값 A'_s 를 생성시키기 위하여 추정기(62)에 공급된다. 피드포워드 가속도 값 A'_s 는 피드포워드 제어 루프를 제공하기 위하여 합산 접합점(72)에 공급되어 질 수 있다.

각각의 합산 접합점(72, 68 및 64)에 공급되는 설계 가속도 A_i , 속도 V_i 및 위치 X_i 파형들은 아래에 기술되어져 있다.

본 발명의 일 실시 예에서, 가속도 궤적은 수학식 1과 같이 정의된 사인 파형의 가속도 궤적을 포함한다.

$$a(t) = K_A I_M \sin\left(\frac{2\pi}{T_{SK}} t\right),$$

여기에서,

K_A = 가속도 상수,

I_M = 보이스 코일에 공급되는 최대 전류,

T_{SK} = 과거 트랙에서 새로운 트랙으로 변환기를 이동시키는데 필요한 시크 시간을 의미한다.

다음의 수학식 2와 같은 이상적인 속도 방정식은 가속도 방정식을 적분함으로써 구할 수 있다.

$$v(t) = \int_0^t a(t) dt = K_A I_M \frac{T_{SK}}{2\pi} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{T_{SK}} t\right) \right].$$

부가적으로, 다음의 수학식 3과 같은 이상적인 위치 방정식은 속도 방정식을 적분함으로써 구할 수 있다.

$$x(t) = \int_0^t v(t) dt = K_A I_M \frac{T_{SK}}{2\pi} \left[t - \frac{T_{SK}}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{T_{SK}} t\right) \right].$$

도면 4a-4c는 사인 파형 시크의 전형적인 가속도, 속도 및 위치 궤적을 보여준다. 디스크 드라이브가 동작할 때, 디스크 드라이브는 정보를 기록하거나 또는 읽기 위한 명령을 수신 받을 것이다. 이 명령은 시크 루틴에 따라서 제1트랙에서 새로운 트랙으로 변환기가 이동되는 것을 필요로 한다. 시크 루틴 동안에, 새로운 트랙과 제1트랙으로부터 새로운 트랙까지의 대응 거리(시크 길이 X_{SK})는 컨트롤러(42)에 의하여 결정될 수 있다. 시크 시간은 이상적인 가속도, 이상적인 속도 및 이상적인 위치가 계산되기 전에 초기에 계산되어 질 수 있다. T_{SK} 와 X_{SK} 사이의 다음의 관계는 $t=T_{SK}$ 로 설정함으로써 수학식 3으로부터 얻을 수 있다.

$$T_{SK} = \sqrt{\frac{2\pi X_{SK}}{K_A I_M}}.$$

제곱근 연산을 실행하는 대신에, 컨트롤러는 $t=0$ 과 $t=T_{SK}$ 사이의 샘플 포인트의 개수 N 을 생성시키고, N 엔트리를 갖는 룩업 테이블에 샘플들을 저장하고, 샘플 포인트들 사이의 시크 시간을 결정하기 위하여 다음의 선형 보간 알고리즘을 이용한다.

$$T_{SK} = T_{SK}^I + \frac{T_{SK}^{I+1} - T_{SK}^I}{X_{SK}^{I+1} - X_{SK}^I} (X_{SK} - X_{SK}^I).$$

표 1은 X_{SK} v. T_{SK} 룩업 테이블의 전형적인 형태를 제공한다.

I	1	2	3	...	N
X_{SK}	X_{SK1}	X_{SK2}	X_{SK3}	...	X_{SKN}
T_{SK}	T_{SK1}	T_{SK2}	T_{SK3}	...	T_{SKN}

표 1

서보 루틴 동안에, 시스템은 변환기를 한 트랙으로부터 다른 트랙으로 이동시킬 때 변환기의 위치, 속도, 가속도 차를 정확하게 샘플들의 개수를 선택할 수 있다. 도 3에 도시된 서보 제어의 합산 접합점에서 이상적인 값에서 실제 값을 감산하기 위하여 그레이 코드의 샘플링에 부합하는 이상적인 궤적을 선별하는 것이 바람직하다. 궤적을 선별하기 위하여 수학식 1,2,3은 샘플 도메인(n)으로 변환되고, 수학식 4가 진폭 항에 대체되어 다음과 같은 방정식을 생성시킨다.

$$a(n) = \frac{2\pi X_{SK}}{N_{SK} T_{SM}} \sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}} n\right),$$

$$v(n) = \frac{X_{SK}}{N_{SK} T_{SM}} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{N_{SK}} n\right) \right], \text{ and}$$

$$x(n) = \frac{X_{SK}}{N_{SK}} n - \frac{X_{SK}}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}} n\right),$$

여기에서,

T_{sk} = 수학적식 5로부터 계산된 샘플링 시간,

N_{sk} = 샘플들의 총 수,

n = 샘플 번호.

사인과 코사인 값들은 메모리에 저장된 룩업 테이블을 이용하여 계산되어 질 수 있다. 선택적으로, 사인과 코사인 값들은 상태 방정식과 다음의 반복적인 사인 파형 생성 알고리즘의 초기값을 가지고 계산되어 질 수 있다.

$$\begin{bmatrix} x_c(n+1) \\ x_s(n+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right) & -\sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right) \\ \sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right) & \cos\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_c(n) \\ x_s(n) \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} x_c(0) \\ x_s(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M \\ 0 \end{bmatrix},$$

위의 방정식에 다음의 알려진 삼각 항등식을 이용할 수 있다.

$$\cos\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}(n+1)\right) = \cos\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right)\cos\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}n\right) - \sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right)\sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}n\right), \text{ and}$$

$$\sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}(n+1)\right) = \sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right)\cos\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}n\right) + \cos\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}\right)\sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}}n\right).$$

서보 루틴 동안에, 컨트롤러(42)는 첫 번째 샘플 시간에서 이상적인 위치, 이상적인 속도 및 이상적인 가속도를 계산하고, 실제 위치, 속도 및 가속도 값을 결정하며, 위에서 언급한 바와 같이 도 3에 도시된 제어 루프에 부합되는 데이터를 처리한다. 두 번째, 세 번째, 등의 샘플들이 취해져 변환기(16)의 움직임을 제어하는 서보 루틴에 공급되도록 반복적으로 처리된다.

변환기의 속도는 변환기가 디스크로부터 정확하게 그레이 코드를 읽어들이 수 있도록 하기 위하여 최대 값을 초과해서는 안 된다. 수학적식 2로부터 최대 속도는 다음과 같이 계산되어 질 수 있다.

$$V_{MAX} = K_A I_M \frac{T_{SK}}{\pi}.$$

수학적식 4를 이용하여 최대 시크 시간과 최대 시크 길이는 다음과 같이 결정될 수 있다.

$$T_{SK}^M = \frac{\pi}{K_A I_M} V_{MAX}, \text{ and}$$

$$X_{SK}^M = \frac{\pi}{2K_A I_M} V_{MAX}^2.$$

시크 길이 X_{SK} 가 최대 시크 길이 $\{X\}_{SK}^M$ 를 초과할 때, 변환기 속도가 최대 값을 초과하지 않도록 하기 위하여 코오스트(coast) 구간은 변환기의 가속도가 0이 되도록 도입되어 져야 한다. 코오스트 시간은 다음 방정식에 의하여 정의되어 질 수 있다.

$$T_{CST} = \frac{X_{SK} - X_{SK}^M}{V_{MAX}}.$$

시크 길이가 $\{X\}_{SK}^M$ 보다 큰 경우에 이상적인 위치, 이상적인 속도 및 이상적인 가속도 궤적은 다음과 같은 방정식에 의하여 (n) 도메인에서 정의될 수 있다.

변환기가 가속될 때는 다음과 같으며,

$$a(n) = \frac{2\pi 2X_{ACC}}{N_{SK}^M T_{SM}^2} \sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}^M} n\right),$$

$$v(n) = \frac{2X_{ACC}}{N_{SK}^M T_{SM}} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{N_{SK}^M} n\right)\right], \text{ and}$$

$$x(n) = \frac{2X_{ACC}}{N_{SK}^M} n - \frac{2X_{ACC}}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}^M} n\right)$$

변환기가 일정한 속도를 유지할 때는 다음과 같으며,

$$a(n) = 0,$$

$$V(n) = V_{MAX}, \text{ and}$$

$$x(n) = X_{ACC} + V_{MAX} T_{SM} (n - N_{SK}^M / 2)$$

변환기가 감속될 때는 다음과 같다.

$$a(n) = \frac{2\pi 2X_{DEC}}{N_{SK}^M T_{SM}} \sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}^M} (n - N_{CST})\right),$$

$$v(n) = \frac{2X_{DEC}}{N_{SK}^M T_{SM}} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{N_{SK}^M} (n - N_{CST})\right) \right], \text{ and}$$

$$x(n) = X_{ACC} + X_{CST} + \frac{2X_{DEC}}{N_{SK}^M} (n - N_{CST} - N_{SK}^M / 2) - \frac{2X_{DEC}}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{N_{SK}^M} (n - N_{CST})\right)$$

여기에서,

$$X_{CST} = T_{CST} V_{MAX} \text{ for } T_{CST} \text{ at coast phase}$$

$$X_{ACC} = (X_{SK} - X_{CST}) / 2 \text{ for } T_{SK}^M / 2 \text{ at acceleration phase, and}$$

$$X_{DEC} = X_{SK} - X_{ACC} - X_{CST} \text{ for } T_{SK}^M / 2 \text{ at deceleration phase.}$$

시크 길이가 $\{X\} \setminus \{SK\}^M$ 을 초과할 때, 컨트롤러는 수학적 식 15 ~ 수학적 식 27에 따라서 이상적인 위치, 이상적인 속도 및 이상적인 가속도를 계산하고, 도 3의 제어 루프에 이상적인 값들을 적용한다.

정상적인 동작 동안에, 디스크 드라이브는 사인 파형의 시크 방법을 이용하여 좋은 시크 성능을 보여준다. 그러나, 극단적인 상태 즉 예를 들어 디스크 드라이브가 고온에 상태에 있거나 낮은 전압 환경에서 동작될 때, 디스크 드라이브는 시크 오버런 상태를 나타낼 것이다. 예를 들어, 고온에서 보이스 코일 모터의 저항은 보이스 코일 모터에 높은 전압을 야기 시키도록 증가되는 경향이 있으며, 그래서 낮은 전압에 의하여 얻어진 전류 명령 I_a 를 구동시킨다. 결과적으로, 전류 명령 I_a 와는 다른 VCM 전류에 의하여 전압 포화 상태가 발생하는 결과를 초래한다. 이는 안정화(settling) 동안에 오버슈트가 발생하는 것을 초래할 수 있다.

정상적 상태 및 극한 상태에서 모두 안정적인 시크 성능을 얻기 위하여, 본 발명은 유효한 전압에 근거하여 적응적으로 시크 시간을 조정한다. 유효한 전압을 결정하는데 어려움이 있기 때문에, 시크 시간은 전압 에러 신호 V_{err} 에 근거하여 적응적으로 조정된다. 만일 VCM을 구동하는 전압이 충분하면, VCM 전류는 전류 명령 I_a 와 실질적으로 동일하다. 이 경우에

있어서, 실제 속도는 전류 명령으로부터 계산된 속도 값과 실질적으로 동일하다. 결론적으로, 실제 속도와 설계 속도 사이의 최대 속도 에러 V_{err} 는 선택 가능한 임계값 $THLD_1$ 미만일 것이다. 그러나, 만일 VCM을 구동시키는 전압이 충분하지 않을 경우에는 실제 VCM 전류는 설계 전류와 차이가 나며, 실제 속도와 설계 속도는 차이가 나게 된다. 그리하여, 만일 시크 동작 실행 중에 최대 속도 에러 V_{err} 가 임계값 $THLD_1$ 보다 큰 경우에 VCM을 구동시키는 전압이 충분하지 않다고 결론 낼 수 있다. VCM을 구동시키는 전압이 부족한 것을 보상하기 위하여, 다음 시크 동작에서 시크 길이에 대한 보다 작은 전류 명령의 결과에 따라서 시크 시간 T_{sk} 를 증가시킨다. 도 5-7은 이러한 메카니즘의 전형적인 실시 예를 보여 준다.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 초기화 방법500의 흐름도를 도시한 것이다. 초기화 방법은 전형적으로 파워 온(power on) 자기 진단 동안에 실행되거나 또는 적응적인 기술의 동작 이전의 일정 시간에 실행된다. 도 5를 참조하여, 방법500은 N 엔트리를 갖는 K_{scale} 테이블이 메모리(예를 들어, 도 2의 메모리 (52))에 생성되는 블록(510)에서 시작된다. K_{scale} 테이블의 크기는 표 1의 크기와 같다. 블록515에서, K_{scale} 테이블내의 모든 엔트리들은 1로 설정된다. 본 발명의 일 실시 예에서는 K_{scale} 테이블은 표 1의 역할을 할 수 있다.

도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 스케일링 값을 조정하기 위한 방법(600)의 흐름도를 도시한 것이다. 본 발명의 일 실시 예에서, 방법(600)은 각 시크 동안에 실행된다. 이 방법에서, 최대 속도 에러 V_{err} 는 계산되고 두 임계값과 비교된다. 만일, V_{err} 가 제1임계값 $THLD_1$ 보다 큰 경우에 K_{scale} 는 느린 시크 시간을 제공하기 위하여 증가된다. 이와 달리, 만일, V_{err} 가 제2임계값 $THLD_2$ 보다 작은 경우에 K_{scale} 는 빠른 시크 시간을 제공하기 위하여 감소된다.

도 6을 참조하여, 방법(600)은 X_{sk} 및 l가 결정되는 블록(605)에서 시작된다. 현재 트랙과 새로운 트랙 사이의 거리 X_{sk} 은 룩업 테이블에서 의하여 결정될 수 있다. 한번 X_{sk} 가 결정되면, l는 표 1로부터 결정된다. 예를 들어, X_{sk} 가 표 1의 5번째 엔트리(X_{sk5})인 경우, 이 때 l는 5가 된다. 이와 달리, 만일 X_{sk} 가 2엔트리 사이의 값인 경우(예를 들어, X_{sk20} 및 X_{sk21}), 이 때 l는 다른 엔트리(예를 들어, 20 또는 21)로 설정될 것이다. 방법(600)은 가변할 수 있는 V_{err_max} 가 0으로 초기화되는 블록(610)을 연속한다. 블록(615)에서, 시크 동안 첫 번째 샘플 시간에서 합산 점합점(68)의 출력인 속도 에러 V_{err} 는 계산된다. 이 때 방법(600)은 V_{err} 의 절대값($ABS(V_{err})$)과 V_{err_max} 를 비교하는 블록(620)으로 이동한다. 만일 $ABS(V_{err})$ 가 V_{err_max} 보다 큰 경우에, 이 때 방법은 V_{err_max} 를 $ABS(V_{err})$ 로 설정하는 블록(625)을 연속하고, 그렇지 않은 경우에는 블록(625)을 생략한다. 블록(630)에서, 방법(600)은 시크가 완료되었는지를 결정한다. 만일 그런 경우에는, 블록(640)을 연속한다. 만일 그렇지 않은 경우에는, 다음 샘플 시간에서 다음 서보 인터럽트 될 때까지 기다리는 블록(635)으로 이동한다. 블록(615, 620 및 625)은 시크가 완료될 때까지 각 샘플 시간동안 실행되며, 이 때 속도 에러의 최고값은 V_{err_max} 에 저장된다.

도 6을 연속하면서, 블록(640)에서, V_{err_max} 은 제1소정의 임계값 $THLD_1$ 과 비교된다. 이 블록은 속도 에러의 최고값이 소정의 값 이상인지를 결정한다. 소정의 임계값은 특정 값 또는 값의 범위로 결정될 수 있다. 소정의 임계값 $THLD_1$ 은 숫자 또는 백분율(percentage)일 수 있다. 예를 들어, 소정의 임계값은 5%, 10%, 15% 또는 더 높을 수 있다. 소정의 임계값은 낮은 값 또는 백분율이 될 수 있다. 그리하여, 시크 동안, 만일 실제 속도와 이상적인 속도 사이의 가장 큰 차가 소정의 임계값(예를 들어, 10%)보다 작은 경우에, 프로세스는 블록(650)으로 이동한다. 그렇지 않은 경우에는 프로세스는 K_{scale} 테이블 내의 l 성분이 소정의 값 δ 에 의하여 감소되는 블록(645)으로 이동시킨다. 이 새로운 값은 동일한 시크 길이(표 1에서 동일한 엔트리 l)를 갖는 다음 시크 동안에 시크 시간 T_{sk} 을 증가시키는데 이용될 것이다. 설계자는 이 값 및 δ 의 입상 값을 설정할 수 있다. 예를 들어, 시크 시간은 1%, 5%, 10% 또는 그 이상 값에 의하여 증가될 수 있다.

프로세스는 V_{err_max} 과 제2소정의 임계값 $THLD_2$ 가 비교되는 블록(650)을 연속한다. 즉, 만일 시크 동안에 속도 에러의 최고값이 제2소정의 임계값보다 작은 경우에는, 시크 시간이 안정된 시크 성능을 유지할 때까지 감소될 수 있다는 것을 보여주며, K_{scale} 테이블 내의 l 성분은 α 에 의하여 감소된다(블록(655)). α 값은 δ 와 같게 할 수 있다.

방법(600)에 존재하는 변화들에 대하여 살펴보기로 한다. 예를 들어, V_{err_max} 에 V_{err} 의 최고값을 저장하는 대신에, 시크 동안에 모든 샘플에 대한 V_{err} 의 평균값을 V_{err_avg} 에 저장할 수 있다. 더욱이, V_{err} 또는 V_{err_avg} 는 하나 이상의 임계 레벨과 비교될 수 있다. 예를 들어, 만일 V_{err} 또는 V_{err_avg} 가 제1임계값 $THLD_{1a}$ 보다 크고 제2임계값 $THLD_{1b}$ 보다 작은 경우에, K_{scale} 테이블에 있는 엔트리는 제1의 양 δ_1 에 의하여 증가될 수 있으며, 만일 V_{err} 또는 V_{err_avg} 가 제2임계값 $THLD_{1b}$ 보다 크고 제3임계값 $THLD_{1c}$ 보다 작은 경우에, K_{scale} 테이블에 있는 엔트리는 보다 큰 제2의 양 δ_2 에 의하여 증가될 수 있다. 유사한 메카니즘은 제2임계값 $THLD_2$ 에도 적용될 수 있다.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 시크 시간을 조정하기 위한 방법(700)의 흐름도를 보여준다. 방법(700)은 이상적인 위치, 속도 및 가속도 궤적을 계산하기 이전 및 전류 명령 E_i 이전에 실행된다.

도 7을 참조하여, 방법(700)은 현재 트랙과 새로운 트랙 사이의 거리 X_{sk} 가 결정되는 블록(710)에서 시작된다. 이는 록업 테이블을 탐색함으로써 결정될 수 있다. 블록(715)에서, I 값은 표 1(록업 테이블)을 이용하여 결정된다. 블록(720)에서, T_{sk} 는 표 1에서 T_{sk} 와 X_{sk} 를 매칭시킴으로써 결정되며, 만일 필요하다면 선형 보간(수학식 5)을 이용하여 결정한다. 블록(725)에서 T_{sk} 는 조정된다. 본 발명의 일 실시 예에서, T_{sk} 는 K_{scale} 테이블 내의 I 번째 엔트리 $K_{scale}[I]$ 를 T_{sk} 에 곱함으로써 조정된다. 만일 $K_{scale}[I]$ 의 값이 1보다 큰 경우에는, 시크 길이 X_{sk} 대한 VCM을 구동시키는 전압이 불충분하다는 것을 보여주며, 이 때 T_{sk} 는 증가된다; 만일 $K_{scale}[I]$ 의 값이 1과 같은 경우에는 시크 길이 X_{sk} 대한 VCM을 구동시키는 전압이 충분하다는 것을 보여주며, 이 때 T_{sk} 는 변화되지 않는다; 그리고, 만일 $K_{scale}[I]$ 의 값이 1보다 작은 경우에는, VCM을 구동에 추가적인 전압이 이용된다는 것을 보여주며, 이 때 T_{sk} 는 감소된다.

위의 설명에서 알 수 있듯이, 본 발명은 보이스 코일 모터를 구동시키는데 이용되는 전압에 근거하여 적응적으로 시크 궤적을 조정하기 위한 방법 및 장치를 제공한다. 시크 동안에, 만일 이상적인 속도와 실제 속도와 차를 의미하는 속도 에러의 최고값이 소정의 임계값보다 큰 경우에, 보이스 코일 모터를 구동시키는 전압이 충분하지 않다고 추정될 수 있다. 결과적으로, 시크 시간은 다음 시크 동작에 동일한 시크 길이에 대한 보다 작은 전류 명령을 야기시켜 증가된다. 이는 시크 오버런(overrun)의 가능성을 줄이게 한다.

본 발명은 미국 특허청에 출원 중인 출원번호 09/552,112의 'GENERALIZED FOURIER SEEK METHOD AND APPARATUS FOR A HARD DISK DRIVE SERVOMECHANISM' 와 출원번호 09/609,630의 'AN OPTIMIZATION METHOD AND APPARATUS FOR A GENERALIZED FOURIER SEEK TRAJECTORY FOR A HARD DISK DRIVE SERVOMECHANISM' 등에 기술된 어떠한 사인 파형 시크 하드 디스크 드라이브 서보메카니즘에도 적용할 수 있을 것이다.

본 발명은 방법, 장치, 시스템 등으로서 실행될 수 있다. 소프트웨어로 실행될 때, 본 발명의 구성 수단들은 필연적으로 필요한 작업을 실행하는 코드 세그먼트들이다. 프로그램 또는 코드 세그먼트들은 프로세서 판독 가능 매체에 저장되어 질 수 있으며 또는 전송 매체 또는 통신망에서 반송파와 결합된 컴퓨터 데이터 신호에 의하여 전송될 수 있다. 프로세서 판독 가능 매체는 정보를 저장 또는 전송할 수 있는 어떠한 매체도 포함한다. 프로세서 판독 가능 매체의 예로는 전자 회로, 반도체 메모리 소자, ROM, 플래쉬 메모리, 이레이저블 ROM(EROM : Erasable ROM), 플로피 디스크, 광 디스크, 하드 디스크, 광 섬유 매체, 무선 주파수(RF) 망, 등이 있다. 컴퓨터 데이터 신호는 전자 망 채널, 광 섬유, 공기, 전자계, RF 망, 등과 같은 전송 매체 위로 전파될 수 있는 어떠한 신호도 포함된다.

첨부된 도면에 도시되어 설명된 특징의 실시 예들은 단지 본 발명의 예로서 이해되어 지고, 본 발명의 범위를 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 본 발명에 기술된 기술적 사상의 범위에서도 다양한 다른 변경이 발생될 수 있으므로, 본 발명은 보여지거나 기술된 특징의 구성 및 배열로 제한되지 않는 것은 자명하다.

발명의 효과

상술한 바와 같이, 본 발명에 의하면 보이스 코일 모터를 구동시키는데 이용되는 전압에 근거하여 적응적으로 시크 궤적을 조정함으로써, 서보메카니즘을 안정적으로 제어할 수 있는 효과가 발생되며, 특히 시크 모드에서 오버런의 발생 가능성을 줄일 수 있는 효과가 발생된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1. 표면을 갖는 디스크;

상기 디스크를 회전시키는 스피들 모터;

상기 디스크에 정보를 기록하고 상기 디스크로부터 정보를 읽어낼 수 있는 변환기;

상기 변환기를 상기 디스크의 표면을 가로질러 이동시키는 액츄에이터 암; 및

제1트랙으로부터 제2트랙으로 시크하는 명령에 응답하여, 제1트랙으로부터 제2트랙까지의 시크 길이를 결정하고, 필요하다면 시크 길이에 대한 계산된 속도 및 설계 속도 사이의 속도 에러에 응답하여 상기 시크 길이에 근거한 시크를 위한 시크 시간, 스케일 시크 시간을 결정하고, 가속도 궤적을 이용하여 제1트랙으로부터 제2트랙으로 상기 디스크 표면을 가로질러 상기 변환기를 이동시키도록 제어하는 컨트롤러를 포함함을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 2. 제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 소정의 임계값보다 큰 경우에, 소정의 스케일링 양만큼 시크 시간을 증가시킴을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 3. 제2항에 있어서, 상기 소정의 스케일링 양은 0.01%에서 50%사이의 범위를 갖는 것을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 4. 제2항에 있어서, 상기 소정의 임계값은 백분율로 0.1%에서 30%사이 임을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 5. 제2항에 있어서, 상기 컨트롤러는 시크 길이에 대한 이전 시크의 샘플 시간 동안에 계산된 속도 에러의 최대값이 소정의 임계값보다 큰 경우에, 소정의 스케일링 양만큼 시크 시간을 증가시킴을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 6. 제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 소정의 임계값보다 작은 경우에, 소정의 스케일링 양만큼 시크 시간을 감소시킴을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 7. 제6항에 있어서, 상기 컨트롤러는 시크 길이에 대한 이전 시크의 샘플 시간 동안에 계산된 속도 에러의 최대값이 소정의 임계값보다 작은 경우에 소정의 스케일링 양만큼 시크 시간을 감소시킴을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 8. 제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는 사인 파형의 가속도 궤적을 이용하여 제1트랙으로부터 제2트랙으로 상기 디스크 표면을 가로질러 상기 변환기를 이동시킴을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 9. 제1항에 있어서, 상기 컨트롤러는 시크 길이에 대하여 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 하한 임계값보다 크고 상한 임계값보다 작은 경우에 1로 시크 시간을 스케일링함을 특징으로 하는 하드 디스크 드라이브.

청구항 10. 현재 시크에 대한 현재 트랙과 새로운 트랙 사이의 시크 길이를 결정하는 단계;

현재 트랙으로부터 새로운 트랙으로 변환기를 이동시키기 위한 시크 시간을 결정하는 단계;

필요하다면, 시크 길이에 대한 계산된 속도와 설계 속도 사이의 속도 에러에 응답하여 시크 시간을 조정하는 단계; 및

시크 길이 및 시크 시간에 근거한 가속도 궤적을 이용하여 현재 트랙으로부터 새로운 트랙으로 상기 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 변환기에 결합된 액츄에이터 암을 여기시키는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 11. 제10항에 있어서, 상기 필요하다면 시크 길이에 대한 계산된 속도와 설계 속도 사이의 속도 에러에 응답하여 시크 시간을 조정하는 단계는 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 소정의 임계값보다 큰 경우에 소정의 양만큼 시크 시간을 증가시키는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 12. 제10항에 있어서, 상기 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 소정의 임계값보다 큰 경우에 소정의 양만큼 시크 시간을 증가시키는 단계는 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 소정의 임계값보다 큰 경우에 0.1%에서 50%의 범위 내의 양만큼 시크 시간을 증가시키는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 13. 제11항에 있어서, 상기 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 소정의 임계값보다 큰 경우에 소정의 양만큼 시크 시간을 증가시키는 단계는 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 0.1%에서 30% 사이의 백분율보다 큰 경우에 소정의 양만큼 시크 시간을 증가시키는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 14. 제11항에 있어서, 상기 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 소정의 임계값보다 큰 경우에 소정의 양만큼 시크 시간을 증가시키는 단계는 시크 길이에 대한 이전 시크의 복수의 샘플 구간동안에 계산된 속도 에러의 최대값이 소정의 임계값보다 큰 경우에 소정의 양만큼 시크 시간을 증가시키는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 15. 제10항에 있어서, 상기 필요하다면 시크 길이에 대한 계산된 속도와 설계 속도 사이의 속도 에러에 응답하여 시크 시간을 조정하는 단계는 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 소정의 임계값보다 작은 경우에 소정의 양만큼 시크 시간을 감소시키는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 16. 제15항에 있어서, 상기 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 소정의 임계값보다 작은 경우에 소정의 양만큼 시크 시간을 감소시키는 단계는 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 0.1%에서 30% 사이의 백분율보다 작은 경우에 0.01%에서 50% 범위 사이의 값으로 시크 시간을 감소시키는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 17. 제15항에 있어서, 상기 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 소정의 임계값보다 작은 경우에 소정의 양만큼 시크 시간을 감소시키는 단계는 시크 길이에 대한 이전 시크의 복수의 샘플 구간동안에 계산된 속도 에러의 최대값이 소정의 임계값보다 작은 경우에 소정의 양만큼 시크 시간을 감소시키는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 18. 제10항에 있어서, 상기 여기시키는 단계는 시크 길이 및 시크 시간에 근거한 사인 파형의 가속도 궤적을 이용하여 제1트랙으로부터 제2트랙으로 상기 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 변환기에 결합된 액추에이터 암을 여기시키는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 19. 제10항에 있어서, 상기 필요하다면 시크 길이에 대한 계산된 속도와 설계 속도 사이의 속도 에러에 응답하여 시크 시간을 조정하는 단계는 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 상한 임계값 아래에 있거나 하한 임계값 위에 있는 경우에 1로 시크 시간을 조정하거나 또는 시크 시간 조정을 방지하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 20. 제10항에 있어서, 상기 현재 트랙으로부터 새로운 트랙으로 변환기를 이동시키기 위한 시크 시간을 결정

하는 단계는 시크 길이 대 시크 시간 록업 테이블을 이용하여 현재 트랙으로부터 새로운 트랙으로 이동시키기 위한 시크 시간을 결정하고, 필요하다면 선형 보간 알고리즘을 이용함을 특징으로 하는 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 21. 하드 디스크에서 액츄에이터 암에 부착된 변환기를 디스크의 표면을 가로질러 이동시키는 것을 실현시키는 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 갖는 컴퓨터 이용 가능한 매체에 있어서,

현재 시크에 대한 현재 트랙과 새로운 트랙 사이의 시크 길이를 결정하는 제1 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드;

현재 트랙으로부터 새로운 트랙으로 변환기를 이동시키기 위한 시크 시간을 결정하는 제2 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드;

필요하다면, 시크 길이에 대한 계산된 속도와 설계 속도 사이의 속도 에러에 응답하여 시크 시간을 조정하는 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드; 및

시크 길이 및 시크 시간에 근거한 가속도 궤적을 이용하여 현재 트랙으로부터 새로운 트랙으로 상기 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 변환기에 결합된 액츄에이터 암을 여기시키는 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드를 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 22. 제21항에 있어서, 상기 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드는 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도와 설계 속도 사이의 차인 속도 에러가 소정의 임계값보다 큰 경우에 소정의 양만큼 시크 시간을 증가시키는 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드를 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 23. 제22항에 있어서, 상기 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드는 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 소정의 임계값보다 큰 경우에 0.1%에서 50%의 범위 내의 양만큼 시크 시간을 증가시키는 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드를 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 24. 제22항에 있어서, 상기 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드는 시크 길이에 대한 이전 시크 동안에 계산된 속도 에러가 0.1%에서 30% 사이의 백분율보다 큰 경우에 소정의 양만큼 시크 시간을 증가시키는 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드를 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 25. 제22항에 있어서, 상기 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드는 시크 길이에 대한 이전 시크의 복수의 샘플 구간동안에 계산된 속도 에러의 최대값이 소정의 임계값보다 큰 경우에 소정의 양만큼 시크 시간을 증가시키는 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드를 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 26. 제21항에 있어서, 상기 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드는 시크 길이에 대한 이전 시크의 샘플 시간 동안에 계산된 속도와 설계 속도 사이의 차인 속도 에러가 소정의 임계값보다 작은 경우에 소정의 양만큼 시크 시간을 감소시키는 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드를 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 27. 제26항에 있어서, 상기 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드는 시크 길이에 대한 이전 시크의 복수의 샘플 구간동안에 계산된 속도 에러의 최대값이 소정의 임계값보다 작은 경우에 소정의 양만큼 시크 시간을 감소시키는 제3 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드를 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 28. 제21항에 있어서, 상기 제4 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드는 시크 길이 및 시크 시간에 근거한 사인 파형의 가속도 궤적을 이용하여 제1트랙으로부터 제2트랙으로 상기 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 변환기에 결합된 액츄에이터 암을 여기시키는 제4 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드를 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램

램 제품.

청구항 29. 제21항에 있어서, 상기 제4 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드는 시크 길이 대 시크 시간 록업 테이블을 이용하고, 필요하다면 선형 보간 알고리즘을 이용하여 현재 트랙으로부터 새로운 트랙으로 이동시키기 위한 시크 시간을 결정하는 제4 컴퓨터 판독 가능한 프로그램 코드를 포함함을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 30. 제1트랙으로부터 제2트랙까지 현재 시크에 대한 시크 길이 및 시크 시간을 결정하는 단계;

시크 길이 및 시크 시간에 근거하여 디스크 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 단계;

변환기의 설계 위치를 계산하는 단계;

변환기의 실제 위치를 결정하는 단계;

설계 위치 및 실제 위치의 함수인 위치 정정 값을 생성시키는 단계;

변환기의 설계 속도를 계산하는 단계;

변환기의 실제 속도를 결정하는 단계;

설계 속도, 실제 속도 및 위치 정정 값의 함수인 속도 정정 값을 생성시키는 단계;

속도 정정 값에 응답하여 시크 길이의 미래 시크 동안에 스케일된 시크 시간을 얻기 위하여 시크 시간을 곱하기 위한 스케일링 값을 메모리에 저장하는 단계;

하나 이상의 조율된 계수들을 포함하는 정규화된 푸리에 급수 시크를 이용하여 변환기의 설계 가속도를 계산하는 단계;

변환기의 실제 가속도를 결정하는 단계;

실제 가속도 값의 함수인 피드포워드 가속도 값을 생성시키는 단계;

속도 정정 값, 피드포워드 가속도 값 및 설계 가속도 값의 함수인 가속도 정정 값을 생성시키는 단계; 및

가속도 정정 값의 생성에 응답하여 변환기의 움직임을 변화시키는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 31. 제30항에 있어서, 상기 저장하는 단계는 속도 정정 값이 소정의 임계 값보다 큰 경우에 메모리에 1보다 큰 스케일링 값을 저장하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 32. 제31항에 있어서, 상기 저장하는 단계는 속도 정정 값이 소정의 임계 값보다 큰 경우에 1.0001과 1.5사이의 스케일링 값을 메모리에 저장하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 33. 제31항에 있어서, 상기 저장하는 단계는 속도 정정 값이 0.1%에서 30% 사이의 백분율보다 큰 경우에 1보다 큰 스케일링 값을 메모리에 저장하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

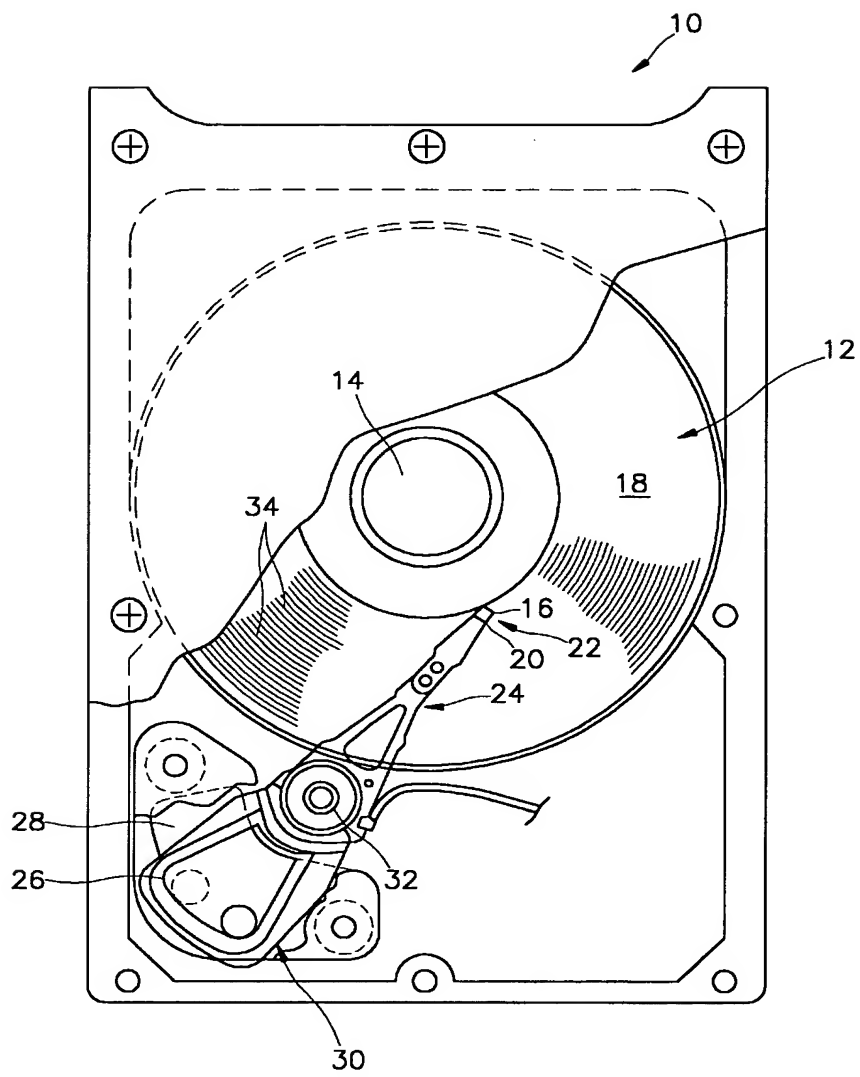
청구항 34. 제30항에 있어서, 상기 저장하는 단계는 속도 정정 값이 소정의 임계 값보다 작은 경우에 1보다 작은 스케일링 값을 메모리에 저장하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

청구항 35. 제34항에 있어서, 상기 저장하는 단계는 속도 정정 값이 소정의 임계 값보다 작은 경우에 0.9999와 0.5사이의 스케일링 값을 메모리에 저장하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

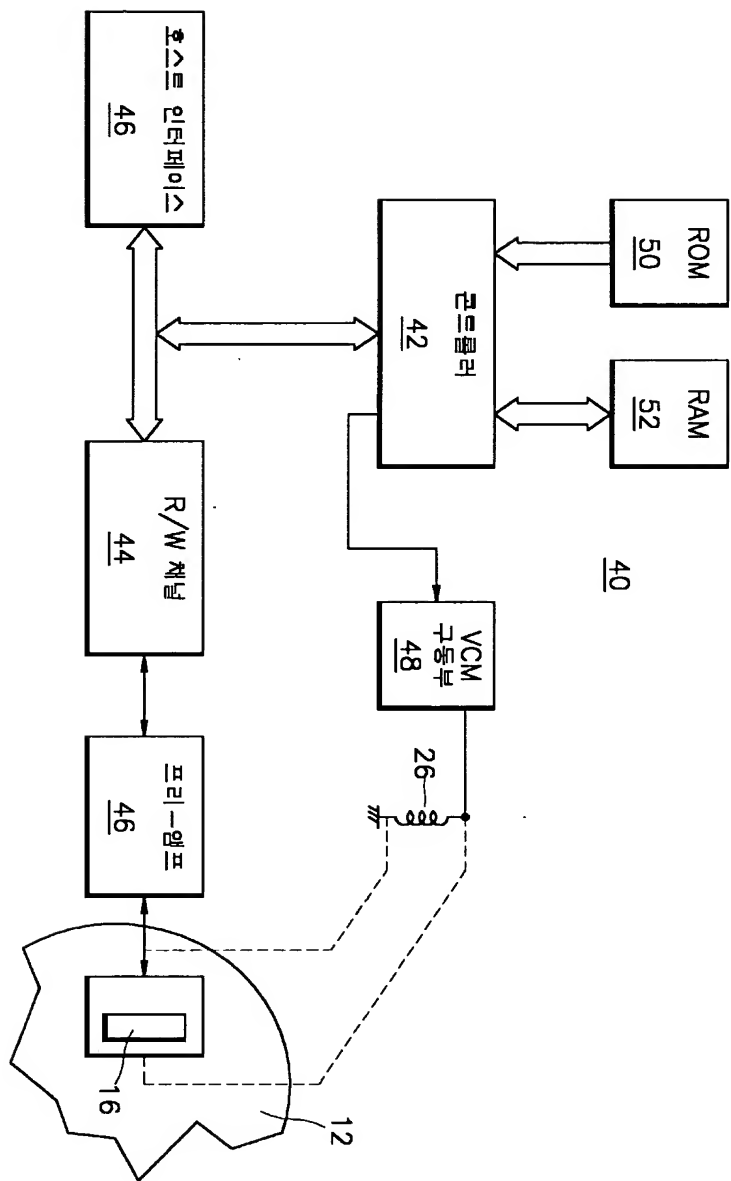
청구항 36. 제30항에 있어서, 상기 저장하는 단계는 속도 정정 값이 상한 임계 값보다 작고 하한 임계 값보다 큰 경우에, 스케일링 값으로 1을 메모리에 저장하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 디스크의 표면을 가로질러 변환기를 이동시키는 방법.

도면

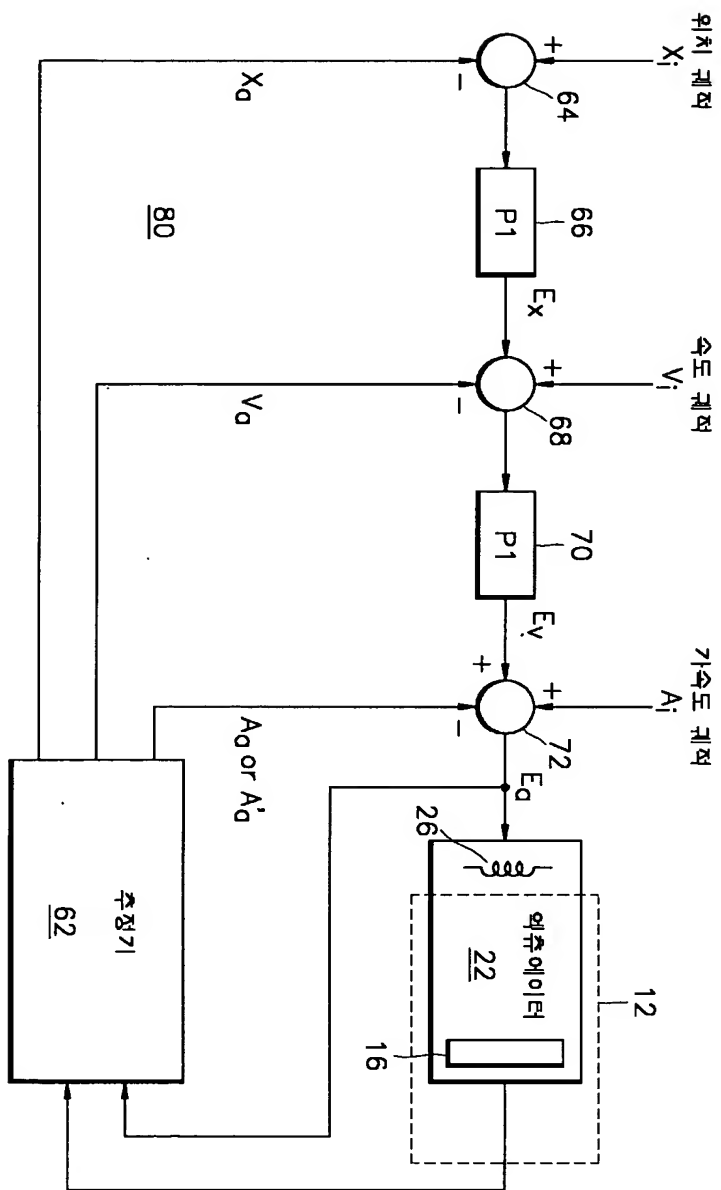
도면1



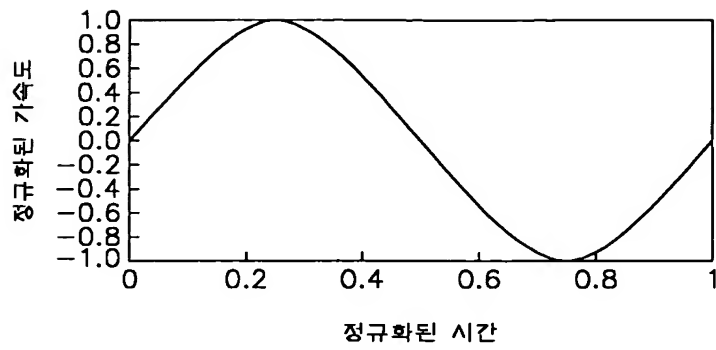
도면2



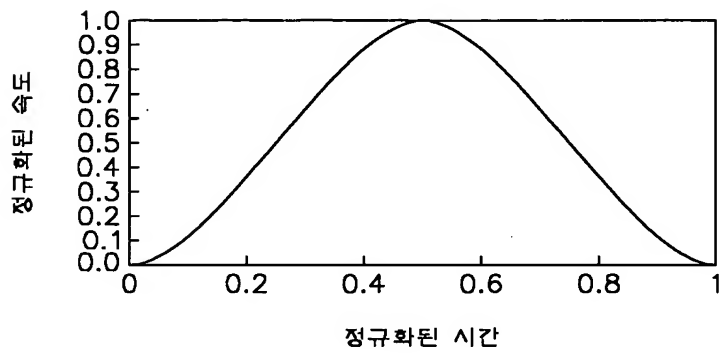
도면3



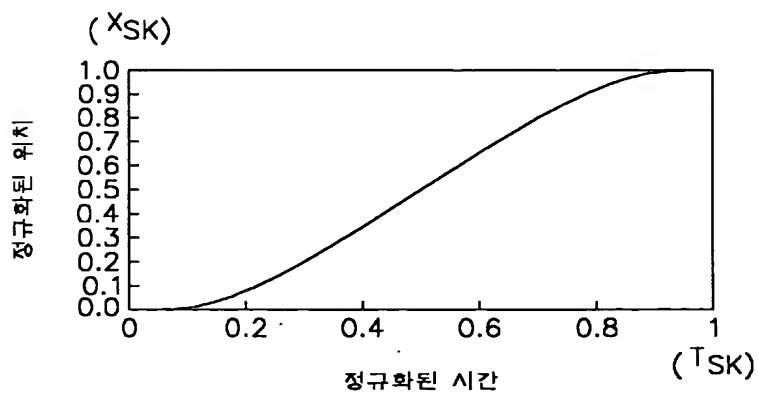
도면 4a



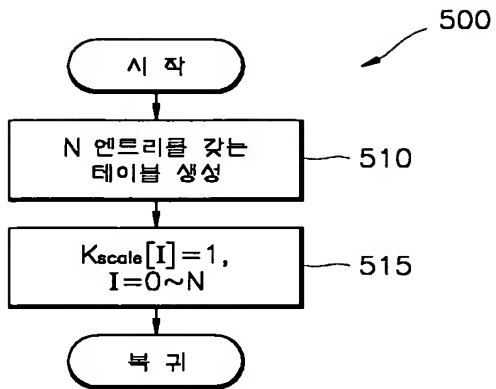
도면4b



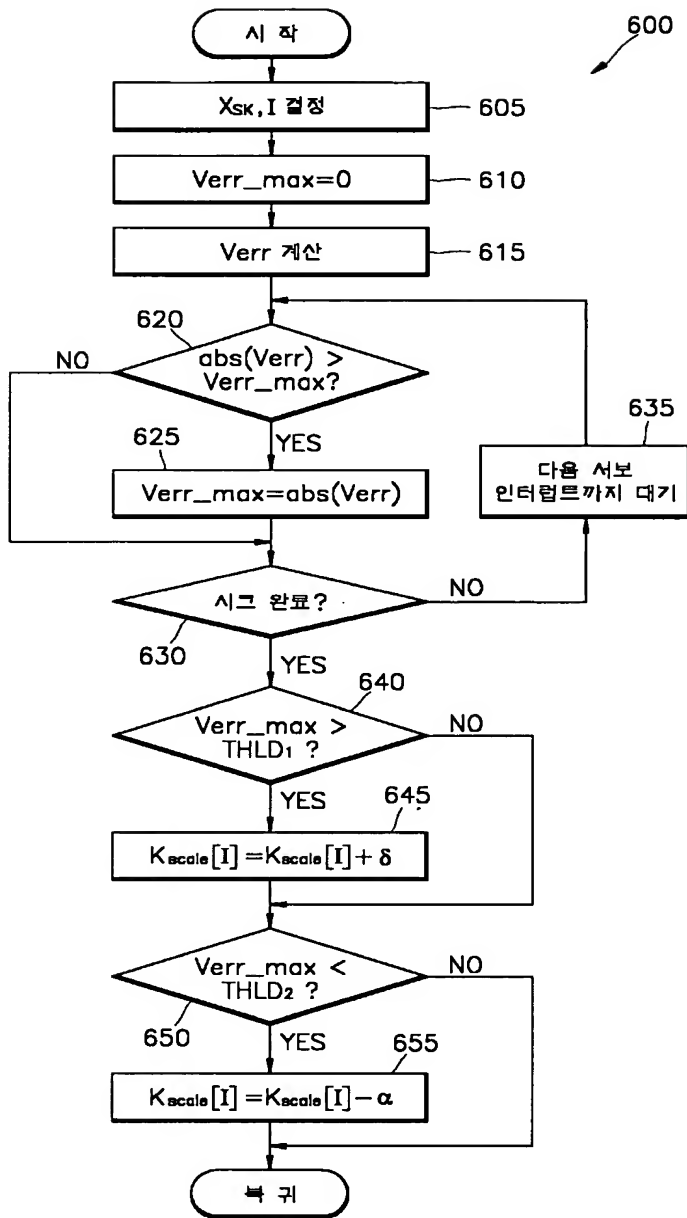
도면4c



도면5



도면6



도면7

